

показателей. В этом режиме осуществляется обследование конкретного пациента и в качестве медперсонала выступает врач.

Следует подчеркнуть, что качество компьютерного диагноза определяется результатами работы всех подсистем структурной схемы анализа гемореологических показателей (см. рис.), однако важную роль играет множество информативных признаков, которое является результатом работы подсистемы формирования минимального набора диагностических признаков. При этом, как было отмечено выше, отбор минимального множества информативных признаков осуществляется в группах тесно связанных гемореологических показателей, которые получают на предыдущем этапе работы этой же подсистемы, что характеризует данный этап как важный с точки зрения качества распознанного диагноза. Формирование минимально необходимого набора информативных гемореологических признаков выполняется с помощью структурной идентификации диагностических признаков, разработка которой представлена в [11, 12].

Выводы. Таким образом, разработанная подсистема анализа гемореологических показателей сможет обеспечить синтез качественного компьютерного диагноза по минимально необходимому набору информативных признаков с учетом имеющихся в наличии приборов измерения и классов заболеваний за минимальное время. **Перспективы дальнейших исследований** заключаются в разработке автоматизированной системы анализа гемореологических показателей на основе разработанной структурной схемы.

Список литературы: 1. Козинец Г.И., Макарова В.А. Исследование системы крови в клинической практике. – М.: Триада-Х, 1997. – 480 с. 2. Агроненко В.А., Суханов Ю.С., Алексеев В.Е. Служба крови и трансфузиология на пути в XXI столетие // Вестник службы крови. – 1999. – С. 6–8. 3. Белопухов В.М. Коагулярные и реологические показатели при синдроме повышенной вязкости крови // Лабораторное дело. – 1991. – №4. – С. 29–31. 4. Иванов Е.П. Руководство по гемостезиологии. – Минск: Беларусь, 1991. – 302 с. 5. Коркушко О.В., Лишневская В.Ю. Современные представления о синдроме миокардиальной ишемии // Кровообіг та гемостаз. – 2003. – № 1. – С. 8–17. 6. Иващенко И.И. Значение нарушений реологических свойств крови и системы гемостаза для прогноза ИБС // Український кардіологічний журнал. – 1998. – № 3. – С. 52–56. 7. Шляхто Е.В., Моисеева О.М., Лясникова Е.А. Реологические свойства крови и функции эндотелия у больных гипертонической болезнью // Кардиология. – 2004. – Т. 44. – № 4. – С. 20–23. 8. Добровольский Н.А., Лопухин Ю.М., Парфенов А.С. Анализатор вязкости крови // Медицинская техника. – 1997. – № 3. – С. 13–16. 9. Титов В.Н. Лабораторные и инструментальные исследования в диагностике: Справочник. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 960 с. 10. Левтов В.А., Регирер С.А., Шадрин Н.Х. Реология крови. – М.: Медицина, 1982. – 292 с. 11. Максютя Н.В., Поворознюк А.И. Структурная идентификация диагностических признаков в интеллектуальных системах медицинской диагностики // Контрольно-измерительные приборы и автоматика. – Харьков: "Эргос". – 2005. – № 10. – С. 4–14. 12. Будянская Э.Н., Поворознюк А.И., Максютя Н.В. Структурная идентификация диагностических признаков на основе алгоритма "дефекта" // Системи обробки інформації. – Х: ХВУ, 2003. – Вип. 3. – С. 159–164.

Поступила в редакцию 30.09.2006

УДК 004.891

Л.М. ЛЮБЧИК, д-р техн. наук,
Г.А. ГОЛОТАЙСТРОВА

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО АНАЛИЗА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Пропонуються математичні моделі для імовірнісного аналізу ризику при оцінці надійності складних технологічних систем. Сформульовані загальні етапи моделювання і проаналізовані труднощі під час їхнього виконання. Розглянуті методи, застосовувані на різних етапах моделювання, дана їхня загальна характеристика. Приведено приклад розрахунку надійності з використанням технології структурно-логічного моделювання.

Math models for probabilistic risk analysis reliability evaluations of intricate system are proposed. The basic modeling stages were chosen and hardships of each stage implementation are analyzed. Methods for each stage of modeling are considered. The methods of conversion from logical function to probabilistic polynomial are briefly reviewed. Using structure logical modeling technology for reliability calculation was given an example

Введение. В настоящее время к безопасности объектов химической и нефтеперерабатывающей промышленности (ХНПП) предъявляются исключительно жесткие требования. Поэтому в процессе проектирования, строительства и эксплуатации объектов ХНПП прикладываются усилия, чтобы обеспечить их соответствие действующим международным нормам.

В этой связи не может не возникнуть вопрос о качестве исследований, в ходе которых производится оценка безопасности объектов ХНПП. Ясно, что для расчета вероятностных показателей необходимо построение математической (вероятностной) модели, позволяющей рассчитать частоту появления нежелательного события, вероятность выхода опасного химического вещества за пределы оборудования, коэффициенты неготовности системы безопасности и т.д.

В настоящее время в соответствии с Законом Украины "Об объектах повышенной опасности" и Закона Украины "О страховании" оценка риска аварий является обязательной процедурой при разработке деклараций промышленной безопасности.

Постановка задачи анализа риска. Анализ риска (АР) рассматривается, как структурированный процесс, целью которого является определение вероятности и размеров неблагоприятных последствий исследуемого действия, объекта или системы. В качестве неблагоприятных последствий рассматривается вред, наносимый людям, имуществу или окружающей среде. В результате анализа должны быть получены ответы на три основных вопроса:

– Что может выйти из строя (идентификация опасности)?

- С какой вероятностью это может произойти (анализ частоты)?
- Каковы последствия этого события (анализ последствий)?

Очень большой интерес при проведении АР представляет процесс получение вероятностной модели риска, позволяющей рассчитать частоту появления нежелательного события, вероятность выхода технологического процесса за допустимые пределы, коэффициенты неготовности системы безопасности и т.д.

Среди вероятностно-теоретических методов количественного анализа рисков можно выделить следующие методы: статистические методы, имитационное моделирование (метод симуляций Монте-Карло, метод исторических симуляций), методы построения деревьев (деревья событий, деревья отказов, причина-последствие), логико-вероятностные методы. Особый интерес представляют последние два метода. Какой бы из методов не был выбран, при анализе реальных сложных систем непосредственное получение требуемых расчетных выражений практически невозможно. Поэтому искомую вероятностную модель получают обычно в несколько этапов.

Методика вероятностного анализа риска. На первом этапе происходит словесное описание критических условий функционирования системы, приводящих к аварии – разрабатывается вербальная модель безопасности. На этом этапе целесообразно использовать методы качественного анализа риска. К ним относятся: предварительный анализ опасности [1, 2], методы проверочного листа [3, 4] и "Что будет, если...?" [3], анализ последствий по видам отказов [1, 2], анализ критичности [2], анализ опасности и работоспособности [5] и др.

На втором этапе вербальная модель формализуется, т.е. описывается с помощью того или иного математического аппарата. Практика анализа безопасности показывает, что наиболее удобной формой такой формализации является использование различного вида графов (последовательно-параллельные схемы, блок-схемы, графы связности [8], деревья событий и/или деревья отказов (ДС/ДО) [2], марковские графы состояний и переходов [3], ГО-схемы [8], релейно-контактные схемы [8], схемы функциональной целостности (СФЦ) [9]).

На третьем этапе графическая модель (ГМ) преобразуется в модель, представляемую с помощью средств алгебры логики (математической логики) – логическую функцию (ЛФ). ЛФ обычно представляют собой либо множество минимальных проходных сечений (МАС), либо – аварийных сочетаний (МПС) [2, 7, 9]. МАС представляет собой такую конъюнкцию из отрицаний ее элементов, ни одну из компонентов которой нельзя изъять, не нарушив условия неработоспособности системы. Такую конъюнкцию можно записать в виде следующей ЛФ [7]:

$$S_j = \bigwedge_{i \in K_{S_j}} x_i, \quad (2)$$

где K_{S_j} – множество номеров, соответствующих данному сочетанию, x_i – элементы системы.

МПС представляет собой такую конъюнкцию ее элементов, ни одну из которых нельзя изъять, не нарушив функционирования системы. Такую конъюнкцию можно записать в виде следующей ФАЛ [7]:

$$P_l = \bigwedge_{i \in K_{P_l}} x_i, \quad (3)$$

где K_{P_l} – множество номеров, соответствующих данному сечению.

На четвертом этапе логическая модель (ЛМ) преобразуется в расчетную вероятностную функцию (ВФ), представленную либо в совершенной дизъюнктивной нормальной форме, либо в бесповторной дизъюнктивной нормальной форме, либо в ортогональной дизъюнктивной нормальной форме [7, 9]. Этот этап является наиболее трудоемким. Существует много методов перехода от ЛМ к ФВ. Так согласно табличному методу и МАС вероятность безотказной работы системы можно получить по формуле [7]

$$P\{y(x_1, \dots, x_n) = 1\} = R_c = P\left\{\bigvee_{i=1}^d P_i\right\} = \sum_i P(P_i) - \sum_j \sum_i P(P_i \wedge P_j) + \sum_k \sum_j \sum_i P(P_i \wedge P_j \wedge P_k) - \dots + (-1)^{d-1} P(P_1 \wedge P_2 \wedge \dots \wedge P_d). \quad (4)$$

На пятом этапе на основе многочлена ВФ производятся расчеты требуемых вероятностных характеристик безопасности, проверка и, при необходимости, корректировка модели.

На стадии построения ГМ отображается основная часть закономерностей функционирования предприятия. Качество построения графа во многом определяет адекватность модели и точность последующих расчетов. Это определяет исключительную важность данного этапа.

Достаточно важным и наиболее трудоемким является этап получения многочлена ВФ (МВФ). В настоящее время существует большое количество программных средств, автоматизирующих процесс получения МВФ. При этом в технологии ДО используются приближенные ВФ (часто отсекаются "малозначащие" МАС), строящиеся на основе ЛФ в виде МАС, а в технологии общего логико-вероятностного метода ЛФ преобразуется по особым правилам в точный вероятностный многочлен [10]. Тем не менее, процесс перехода от функции работоспособности (неработоспособности) системы к МВФ является трудоемким при использовании любой технологии. Поэтому необходимо искать новые пути для получения вероятности возникновения аварии, основанные на нетрадиционных методах, таких как: системы искусственного интеллекта (нейронные сети), моделирование на основе аппарата нечеткой логики (fuzzy logic), которые в настоящее время нашли широкое применение.

Пример. В качестве примера рассмотрим функциональную схему мостиковой структуры (рис.). Вероятность исходных событий: $p_i = 0,9$, $q_i = 0,1$.

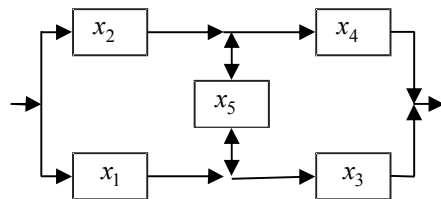


Рис. Функциональная схема мостиковой структуры

Запишем логическую функцию неработоспособности системы, используя минимальные аварийные сочетания:

$$x_1 \cdot x_2 \vee x_3 \cdot x_4 \vee x_1 \cdot x_4 \cdot x_5 \vee x_2 \cdot x_3 \cdot x_5.$$

Используя табличный метод и МАС получим следующий многочлен ВФ:

$$Q_c = q_1 \cdot q_2 + q_3 \cdot q_4 + q_1 \cdot q_4 \cdot q_5 + q_2 \cdot q_3 \cdot q_5 - q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 - q_1 \cdot q_2 \cdot q_4 \cdot q_5 - q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_5 - q_1 \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot q_5 - q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot q_5 + 2 \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 \cdot q_4 \cdot q_5 = 0,022.$$

Используя технологию ДО, многочлен ВФ преобразуется к виду:

$$Q_c \approx 1 - (1 - q_1 \cdot q_2) \cdot (1 - q_3 \cdot q_4) \cdot (1 - q_1 \cdot q_4 \cdot q_5) \cdot (1 - q_2 \cdot q_3 \cdot q_5) \approx 0,022.$$

Таким образом, результаты анализа идентичны, как при использовании методов логико-вероятностно анализа, так и при использовании методов ДО.

Заключение. Таким образом, в настоящей статье рассмотрена методология анализа риска. Рассмотрены основные этапы и задачи этого анализа. Приведены основные методы и средства, используемые на различных этапах анализа опасности и оценки риска. Рассмотрены сложности при количественном анализе и направления решения этих проблем. Приведен пример расчета вероятности отказа системы, имеющей мостиковую структуру.

Список литературы: 1. Terje Aven. Reliability and Risk Analysis. 1st Ed. Elsevier Applied Science, 1992. 2. Хенли Э.Дж., Кумamoto X. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение, 1984. 3. Материалы сайта: www.faulttree.net. 4. Redmill F., Chudleigh M., Catmur J. System Safety; HAZOP and Software HAZOP, Wiley, 1999. 5. Center for Chemical Process Safety. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. American Institute of Chemical Engineers. 1989. 6. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. 7. Рябинин И.А. Аналитические логико-вероятностные методы расчета надежности судовых электроэнергетических систем // Электрооборудование судов. – Вып. 133. – Л.: Судостроение, 1969. 8. Siu N. Risk Assessment for dynamic systems: An overview. – Reliability Engineering and System Safety. – 1994. – Vol. 43. 9. Можяев А.С. Общий логико-вероятностный метод анализа надежности сложных систем. – Л.: ВМА, 1988. 10. Можяев А.С. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования сложных систем (ПК АСМ 2001) / Труды МНШ "Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах" (МА БРК – 2001). – СПб.: ООО "НПО "Омега", 2001. – С. 56–61.

Поступила в редакцию 01.10.2006

Т.Б. НИКИТИНА, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ"

РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ В РЕЖИМЕ БУКСОВАНИЯ

Розроблений метод робастного управління двохмасовою системою у режимі пробуксовки для стабілізації динамічних характеристик системи управління. Приведений приклад динамічних характеристик системи управління головним приводом блюмінга.

This article deals with the two masses electrical mechanical systems mathematical model, robust control, robust observe in rollers sliding mode. There is example of the robust control for blooming's main electric drive.

Постановка проблемы. Режимы буксования являются нормальными рабочими режимами для многих электромеханических систем. Для некоторых электромеханических систем такие режимы являются аварийными и могут приводить к поломкам оборудования [1 – 2]. Режимы буксования, как правило, сопровождаются колебаниями рабочего органа, при которых динамические моменты могут многократно превышать номинальные значения моментов, поэтому вопросы снижения динамических моментов в процессе буксования машин являются актуальными.

Анализ литературы. Характер динамических процессов в режимах буксования машин в значительной степени определяются наличием упругих элементов в кинематической цепи электромеханической системы от приводного двигателя до рабочего органа. Возникновение колебаний в режиме буксования в основном обусловлено наличием падающего участка в характеристике внешнего трения. Причем, такой падающий участок особенно характерен при работе электромеханических систем на низких скоростях движения рабочего органа, что часто сопровождается его неплывным движением. Синтез таких систем рассмотрен в [3 – 5]. Однако синтезированные таким образом системы обладают различными динамическими характеристиками при работе на восходящем и падающем участках характеристики внешнего трения.

Цель статьи. Целью данной статьи является синтез робастного управления двухмассовой электромеханической системой в режиме буксования для стабилизации динамических характеристик при изменении рабочей точки на характеристике внешнего трения.

Изложение материала исследования, полученных научных результатов. Рассмотрим математическую модель электромеханической системы в виде двухмассовой системы [1 – 2]. Введем вектор состояния $X(t)$,